

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

Attorney Docket No.: 3081.43US01

Guenther Benedix et al.

Application No.: Unknown

Filed: *Of Even Date*

For: PROJECTION OBJECTIVE

---

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Enclosed is a certified copy of German patent application number 102 44 586.9 to which the above-identified U.S. patent application corresponds.

Respectfully submitted,



Paul C. Onderick  
Registration No. 45,354

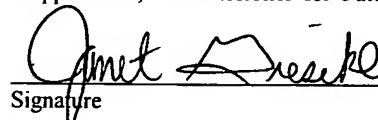
Customer No. 24113  
Patterson, Thuente, Skaar & Christensen, P.A.  
4800 IDS Center  
80 South 8th Street  
Minneapolis, Minnesota 55402-2100  
Telephone: (612) 349-5766

*Please grant any extension of time necessary for entry; charge any fee due to Deposit Account No. 16-0631.*

CERTIFICATE OF EXPRESS MAIL

"Express Mail" mailing label number EV319195633US. Date of Deposit: September 19, 2003. I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313.

Janet Gieseke  
Name of Person Making Deposit

  
Signature

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 44 586.9

**Anmeldetag:** 20. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Carl Zeiss Jena GmbH, Jena/DE

**Bezeichnung:** Projektionsobjektiv

**IPC:** G 02 B 15/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. August 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Stempel

### Projektionsobjektiv

Die Erfindung betrifft ein Projektionsobjektiv mit veränderlicher Brennweite, bevorzugt zur Abbildung von Kippspiegelmatrizen oder reflektiven, beziehungsweise transmissiven LCD's, umfassend drei Linsengruppen, die auf einer gemeinsamen optischen Achse angeordnet sind, wobei ausgehend von der der Projektionswand zugekehrten Seite die erste Linsengruppe zum Zwecke der Fokussierung und die zweite Linsengruppe zum Zwecke der Brennweitenvariation in ihrer Lage auf der optischen Achse veränderbar und die dritte Linsengruppe ortsfest angeordnet sind.

Allgemein bekannte Projektionsobjektive mit veränderlicher Brennweite, die speziell für o.g. Abbildungen verwendet werden, wie beispielsweise in EP 058 651 B1 und US 5644435 beschrieben, unterscheiden sich im wesentlichen durch die Anzahl der Linsen, deren Anordnung und die technischen Konstruktionsdaten in Verbindung mit den für das optische System geltenden Bedingungen.

Da es für Anwendungen meist wünschenswert ist, die Größe und den Ort der Abbildung zu verändern um somit die Projektion den unterschiedlichsten Raumdimensionen anzupassen, kommen hauptsächlich Projektionszoomsysteme zum Einsatz.

Projektionsobjektive bestehen daher vorwiegend aus einer Zoomeinrichtung, einer Kompensationseinrichtung und einer Fokussiereinrichtung, wie sie von Aufnahmeobjektiven bekannt sind.

Dies führt dazu, dass zum Erreichen einer hohen Bildqualität derartige Systeme viele Linsenelemente besitzen, sehr komplex aufgebaut und somit sehr teuer sind.

- 5 Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Projektionsobjektiv der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem durch eine geringe Anzahl von optischen Elementen mit minimierten Abmessungen der fertigungstechnische Aufwand bei gleichzeitiger  
10 Gewährleistung einer hohen Abbildungsleistung reduziert wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe, dadurch gelöst, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

15 
$$1,0 \text{ h max} < d_{G2-G3} < 1,5 \text{ h max}$$

und

$$s \leq 10 \text{ mm},$$

- wobei h max die maximale Objekthöhe, d<sub>G2-G3</sub> die Distanz zwischen der Linsengruppe G2 und der Linsengruppe G3 in  
20 einer ersten Stellung und s die Schnittweite objektseitig sind.

- Das erfindungsgemäße Projektionsobjektiv besitzt relativ wenige optische Elemente und ist somit sehr kostengünstig  
25 herzustellen.

Zur Verbesserung der Abbildungsleistung ist das Projektionsobjektiv zweckmäßigerweise so gestaltet, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

30 
$$1,2 \text{ f}_1 < \text{f}_{G1} < 1,7 \text{ f}_1,$$

$$0,7 \text{ f}_1 < \text{f}_{G2} < 1,1 \text{ f}_1$$

$$1,5 \text{ f}_1 < \text{f}_{G3} < 2,0 \text{ f}_1$$

wobei

$f_1$  = die Gesamtbrennweite des Objektivs in einer ersten Stellung,

$f_{G1}$  = der Betrag der Brennweite der ersten Linsengruppe  $G_1$ ,

5  $f_{G2}$  = der Betrag der Brennweite der zweiten Linsengruppe  $G_2$  und

$f_{G3}$  = der Betrag der Brennweite der dritten Linsengruppe  $G_3$  sind.

10 Eine erfindungsgemäße Ausgestaltungsvariante besteht darin, dass ausgehend von der der Projektionswand zugekehrten Seite die

- die erste Linsengruppe aus einem negativen Meniskus,

15 einem positiven Meniskus und einer Negativlinse,

- die zweite Linsengruppe aus einem negativen Meniskus oder einer aus einem positiven Meniskus und einem negativen Meniskus bestehenden negativen Baugruppe,

20 einer Positivlinse und einer aus einer Positivlinse und einer Negativlinse bestehenden positiven Baugruppe und

- die dritte Linsengruppe aus mindestens einer Positivlinse besteht.

25 Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Projektionsobjektivs bestehen darin, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$2,0 < L / f_1 < 3,0$$

$$1,68 < n_{avg} < 1,74$$

30  $40,0 < v_{avg} < 44,0,$

wobei

$L$  = die Gesamtlänge des Objektivs,

$n_{avg}$  = der durchschnittliche Brechungsindex des Objektivs und

$v_{avg}$  = der durchschnittliche Wert der Abbe-Zahl des Objektivs sind.

5

Anhand von Ausführungsbeispielen soll das erfindungsgemäße Projektionsobjektiv näher erläutert werden. Gleiche Bezugszeichen in den einzelnen Figuren bezeichnen dabei gleiche Elemente. Im einzelnen zeigen:

10

Fig.1: die Prinzipdarstellung des Projektionsobjektivs

Fig.2: die schematische Darstellung des Projektionsobjektivs mit in der zweiten Linsengruppe G2 als erstes Element angeordneter Baugruppe

15

Fig.3: die schematische Darstellung der Radien  $R_i$  und der Luftabstände bzw Linsendicken  $d_i$  nach Fig.2

Fig.4: die schematische Darstellung des Projektionsobjektivs mit in der zweiten Linsengruppe G2 als erstes Element angeordneter Meniskuslinse

20

Fig.5: die schematische Darstellung der Radien  $R_i$  und der Luftabstände bzw. Linsendicken  $d_i$  nach Fig.4

Fig.6: die grafische Darstellung der Abbildungsfehler für die Endstellungen des Brennweitenbereiches ( $f = 19,2$  und  $f = 22,5$ ) eines ersten Ausführungsbeispiels nach den Figuren 2 und 3

25

Fig.7: die grafische Darstellung der Abbildungsfehler für die Endstellungen des Brennweitenbereiches ( $f = 25,8$  und  $f = 30,0$ ) eines zweiten Ausführungsbeispiels nach den Figuren 2 und 3

30

Fig.8: die grafische Darstellung der Abbildungsfehler für die Endstellungen des Brennweitenbereiches ( $f =$

19,2 und  $f = 22,5$ ) eines ersten

Ausführungsbeispiels nach den Figuren 4 und 5

Fig.9: die grafische Darstellung der Abbildungsfehler für  
die Endstellungen des Brennweitenbereiches ( $f =$

5 25,8 und  $f = 30,0$ ) eines zweiten

Ausführungsbeispiels nach den Figuren 4 und 5

Fig.1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des  
Projektionsobjektivs mit den, ausgehend von der  
10 Projektionswand 1, auf der gemeinsamen optischen Achse 2  
angeordneten ersten Linsengruppe G1, der zweiten  
Linsengruppe G2 und der dritten Linsengruppe G3, wobei, wie  
aus der zweiten Teilabbildung ersichtlich, die zur  
Brennweitenkorrektur ( $\leftarrow f_{ok} \rightarrow$ ) verwendete zweite  
15 Linsengruppe G2 eine veränderte (korrigierte) Lage auf der  
optischen Achse 2 einnimmt. Die dem Objekt zugewandte  
dritte Linsengruppe G3 bleibt in seiner Lage auf der  
optischen Achse 2 unverändert, während die erste  
Linsengruppe G1 zum Zwecke der Fokussierung des Objektivs  
20 verschiebbar angeordnet ist.

In Fig.2 ist die schematische Darstellung des  
Projektionsobjektivs mit einer in der Linsengruppe G1  
angeordneten negativen Meniskuslinse 3, einer positiven  
25 Meniskuslinse 4 sowie einer Negativlinse 5 dargestellt.

Die Linsengruppe G2 besteht in diesem Beispiel aus einer  
positiven Meniskuslinse 6 und einer negativen Meniskuslinse  
7 (Baugruppe), einer Positivlinse 8 und einer aus einer  
Positivlinse 9 und einer Negativlinse 10 bestehenden  
30 positiven Baugruppe.

Die Linsengruppe G3 ist durch eine Positivlinse 11  
charakterisiert.

Fig.3 zeigt die Kennzeichnung der Radien  $R_i$  ( $i = 1$  bis 16) und der Luftabstände bzw. Linsendicken  $d_i$  ( $i = 1$  bis 16) zu der in Fig.2 dargestellten Variante des Projektionsobjektivs. Ausgehend davon wird diese Variante durch zwei, hinsichtlich der Konstruktionsdaten verschiedene, Ausführungsbeispiele gezeigt. Die Konstruktionsdaten der Ausführungsbeispiele dazu sind in den Tabellen 1 und 2 in Verbindung mit Tabelle 5, die den Ausführungsbeispielen nachgestellt sind, dargestellt.

10 In Abänderung zum Beispiel nach Fig. 2 und Fig. 3 wird in Fig.4 die Darstellung des Projektionsobjektivs mit in der zweiten Linsengruppe  $G_2$  als erstes Element angeordneter negativer Meniskuslinse 12, an Stelle der Baugruppe, bestehend aus der positiven Meniskuslinse 6 und einer negativen Meniskuslinse 7, gezeigt. Fig.5 zeigt dazu die Kennzeichnung der Radien  $R_i$  ( $i = 1$  bis 15) und der Luftabstände bzw. Linsendicken  $d_i$  ( $i = 1$  bis 14). Ausgehend davon wird diese Ausgestaltungsvariante durch zwei, hinsichtlich der Konstruktionsdaten verschiedenartige, Ausführungsbeispiele, die in Tabellen 3 und 4 in Verbindung mit Tabelle 5 aufgezeigt sind, charakterisiert.

In den Figuren 6 und 7 werden die Abbildungsfehler für die Endstellungen des Brennweitenbereiches  $f = 19,2$  bzw.  $f = 22,5$  (erstes Ausführungsbeispiel) und  $f = 25,8$  und  $f = 30,0$  (zweites Ausführungsbeispiel) nach der Variante des Projektionsobjektivs aus den Figuren 2 und 3 grafisch dargestellt.

30 In Analogie zu dieser Darstellungsweise zeigen die Figuren 8 und 9 die Abbildungsfehler der beiden Ausführungsbeispiele des Projektionsobjektivs nach den



Linsengruppenanordnungen aus den Figuren 4 bzw. 5 für die gleichen Endstellungen der Brennweitenbereiche.

Tabelle 1

Radien	Dicken- und Luftabstände	Brechzahlen $n_e$	Abbe-Zahl $v_e$
$R_1 = 40,10$	$d_1 = 1,50$	$n_1 = 1,70557$	$v_1 = 41,0$
$R_2 = 12,68$	$d_2 = 5,81$		
$R_3 = 17,70$	$d_3 = 2,76$	$n_2 = 1,79192$	$v_2 = 25,5$
$R_4 = 29,64$	$d_4 = 1,62$		
$R_5 = -114,59$	$d_5 = 2,02$	$n_3 = 1,59143$	$v_3 = 60,9$
$R_6 = 48,35$	$d_6 = 4,65$		
$R_7 = 13,63$	$d_7 = 2,80$	$n_4 = 1,80642$	$v_4 = 34,7$
$R_8 = 36,78$	$d_8 = 2,09$	$n_5 = 1,73429$	$v_5 = 28,2$
$R_9 = 9,86$	$d_9 = 1,08$		
$R_{10} = 21,13$	$d_{10} = 2,41$	$n_6 = 1,80811$	$v_6 = 46,3$
$R_{11} = -56,23$	$d_{11} = 0,11$		
$R_{12} = 11,55$	$d_{12} = 3,90$	$n_7 = 1,80811$	$v_7 = 46,3$
$R_{13} = -13,63$	$d_{13} = 1,18$	$n_8 = 1,67765$	$v_8 = 31,8$
$R_{14} = 8,29$	$d_{14} = 14,01$		
$R_{15} = 28,18$	$d_{15} = 7,17$	$n_9 = 1,67340$	$v_9 = 46,9$
$R_{16} = -113,02$			

Variostellung

Luftabstand

Luftabstand

Brennweite

1

 $d_6 = 4,65$  $d_{14} = 14,01$  $f_1 = 19,2$ 

2

 $d_6 = 2,12$  $d_{14} = 16,56$  $f_2 = 22,3$

Tabelle 2

Radien	Dicken- und Luftabstände	Brechzahlen $n_e$	Abbe-Zahl $v_e$
$R_1 = 60,43$	$d_1 = 1,80$	$n_1 = 1,67341$	$v_1 = 46,8$
$R_2 = 14,75$	$d_2 = 4,14$		
$R_3 = 18,97$	$d_3 = 2,94$	$n_2 = 1,69413$	$v_2 = 31,1$
$R_4 = 41,57$	$d_4 = 1,80$		
$R_5 = -76,63$	$d_5 = 1,60$	$n_3 = 1,52458$	$v_3 = 59,2$
$R_6 = 76,63$	$d_6 = 5,89$		
$R_7 = 17,15$	$d_7 = 3,41$	$n_4 = 1,83935$	$v_4 = 37,0$
$R_8 = 39,81$	$d_8 = 2,80$	$n_5 = 1,73430$	$v_5 = 28,2$
$R_9 = 11,97$	$d_9 = 1,17$		
$R_{10} = 24,76$	$d_{10} = 2,64$	$n_6 = 1,77621$	$v_6 = 49,4$
$R_{11} = -79,72$	$d_{11} = 0,20$		
$R_{12} = 14,23$	$d_{12} = 4,60$	$n_7 = 1,80832$	$v_7 = 46,3$
$R_{13} = -17,40$	$d_{13} = 1,20$	$n_8 = 1,65222$	$v_8 = 33,6$
$R_{14} = 10,37$	$d_{14} = 18,21$		
$R_{15} = 35,48$	$d_{15} = 8,10$	$n_9 = 1,67341$	$v_9 = 46,8$
$R_{16} = -347,16$			

Variostellung	Luftabstand	Luftabstand	Brennweite
1	$d_6 = 5,89$	$d_{14} = 18,21$	$f_1 = 25,8$
2	$d_6 = 2,55$	$d_{14} = 21,56$	$f_2 = 30,0$

Tabelle 3

Radien		Dicken- und Luftabstände		Brechzahlen $n_e$		Abbe-Zahl $v_e$	
$R_1 =$	43,80	$d_1 =$	3,00	$n_1 =$	1,67402	$v_1 =$	39,0
$R_2 =$	11,87	$d_2 =$	4,93				
$R_3 =$	16,30	$d_3 =$	2,50	$n_2 =$	1,72310	$v_2 =$	29,3
$R_4 =$	34,64	$d_4 =$	1,30				
$R_5 =$	-112,67	$d_5 =$	2,60	$n_3 =$	1,61520	$v_3 =$	58,5
$R_6 =$	40,07	$d_6 =$	5,40				
$R_7 =$	12,65	$d_7 =$	3,74	$n_4 =$	1,81264	$v_4 =$	25,2
$R_8 =$	9,47	$d_8 =$	0,95				
$R_9 =$	19,32	$d_9 =$	2,43	$n_5 =$	1,75844	$v_5 =$	52,1
$R_{10} =$	-40,60	$d_{10} =$	0,10				
$R_{11} =$	11,88	$d_{11} =$	4,23	$n_6 =$	1,79012	$v_6 =$	44,0
$R_{12} =$	-9,94	$d_{12} =$	1,28	$n_7 =$	1,67765	$v_7 =$	31,8
$R_{13} =$	8,28	$d_{13} =$	14,00				
$R_{14} =$	29,40	$d_{14} =$	6,30	$n_8 =$	1,67340	$v_8 =$	46,9
$R_{15} =$	-108,14						

Variostellung	Luftabstand		Luftabstand		Brennweite	
1	d <sub>6</sub> =	5,40	d <sub>14</sub> =	14,00	f <sub>1</sub> =	19,2
2	d <sub>6</sub> =	2,96	d <sub>14</sub> =	16,51	f <sub>2</sub> =	22,3

Tabelle 4

Radien		Dicken- und Luftabstände		Brechzahlen $n_e$		Abbe-Zahl $v_e$	
$R_1 =$	64,11	$d_1 =$	1,70	$n_1 =$	1,67402	$v_1 =$	39,0
$R_2 =$	15,05	$d_2 =$	4,59				
$R_3 =$	19,17	$d_3 =$	2,80	$n_2 =$	1,65222	$v_2 =$	33,6
$R_4 =$	56,56	$d_4 =$	1,75				
$R_5 =$	-89,83	$d_5 =$	1,54	$n_3 =$	1,48914	$v_3 =$	70,2
$R_6 =$	45,05	$d_6 =$	5,95				
$R_7 =$	16,13	$d_7 =$	6,46	$n_4 =$	1,70824	$v_4 =$	39,1
$R_8 =$	11,93	$d_8 =$	1,40				
$R_9 =$	21,84	$d_9 =$	2,60	$n_5 =$	1,80832	$v_5 =$	46,3
$R_{10} =$	-79,02	$d_{10} =$	0,10				
$R_{11} =$	13,81	$d_{11} =$	4,24	$n_6 =$	1,80832	$v_6 =$	46,3
$R_{12} =$	-17,01	$d_{12} =$	1,30	$n_7 =$	1,71142	$v_7 =$	30,0
$R_{13} =$	10,10	$d_{13} =$	18,19				
$R_{14} =$	35,42	$d_{14} =$	7,90	$n_8 =$	1,67341	$v_8 =$	46,8
$R_{15} =$	-348,47						

Variostellung

Luftabstand

Luftabstand

Brennweite

1

 $d_6 =$  5,95 $d_{14} =$  18,19 $f_1 =$  25,8

2

 $d_6 =$  2,57 $d_{14} =$  21,55 $f_2 =$  30,0

Tabelle 5

Ausführungsbeispiel	Tabelle 1	Tabelle 2	Tabelle 3	Tabelle 4
max. Aperturwinkel [°]	11,1	10,3	10,9	10,3
max. Öffnungsverhältnis	1 : 2,6	1 : 2,8	1 : 2,6	1 : 2,8
Variofaktor $f_2 / f_1$	1,2	1,2	1,2	1,2
Brennweite erste Gruppe	-27,7	-37,0	-27,2	-37,2
Brennweite zweite Gruppe	17,3	21,8	16,9	22,0
Brennweite dritten Gruppe	34,2	48,2	35,0	48,1
Gesamtbrennweite des Systems $f_1$	19,25	25,8	19,26	25,8
Brennweite erste Gruppe / $f_1$	-1,44	-1,44	-1,41	-1,44
Brennweite zweite Gruppe / $f_1$	0,90	0,85	0,88	0,85
Brennweite dritte Gruppe / $f_1$	1,78	1,87	1,82	1,87
objektseitige Schnittweite	4,3	6,0	4,7	6,1
objektseitige Schnittweite / $f_1$	0,22	0,23	0,24	0,24
Objektivlänge	53,1	60,5	52,8	60,5
Objektivlänge / $f_1$	2,76	2,34	2,74	2,34
maximale Objekthöhe	10,9	13,8	10,9	13,8
Abstand (2.Gruppe - 3.Gruppe in Stellung 1)	14,0	18,2	14,0	18,2
Abstand / max. Objekthöhe	1,29	1,33	1,28	1,33
durchschnittlicher Wert Brechungsindex	1,73299	1,70844	1,71557	1,69064
durchschnittlicher Wert Abbe-Zahl	40,2	42,0	40,8	43,9

## Patentansprüche

1. Projektionsobjektiv mit veränderlicher Brennweite, bevorzugt zur Abbildung von Kippspiegelmatrizen oder reflektiven, beziehungsweise transmissiven LCD's, umfassend drei Linsengruppen (G1, G1, G3), die auf einer gemeinsamen optischen Achse (2) angeordnet sind, wobei ausgehend von der der Projektionswand (1) zugekehrten Seite die erste Linsengruppe (G1) zum Zwecke der Fokussierung und die zweite Linsengruppe (G2) zum Zwecke der Brennweitenvariation in ihrer Lage auf der optischen Achse (2) veränderbar und die dritte Linsengruppe (G3) ortsfest angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$1,0 \text{ h max} < d_{G2-G3} < 1,5 \text{ h max}$$

und

$$s \leq 10 \text{ mm},$$

- wobei h max die maximale Objekthöhe, d<sub>G2-G3</sub> die Distanz zwischen der Linsengruppe G2 und der Linsengruppe G3 in einer ersten Stellung und s die Schnittweite objektseitig sind.

2. Projektionsobjektiv, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$1,2 \text{ f}_1 < \text{f}_{G1} < 1,7 \text{ f}_1,$$

- wobei f<sub>1</sub> die Gesamtbrennweite des Objektives in einer ersten Stellung und f<sub>G1</sub> der Betrag der Brennweite der ersten Linsengruppe G1 sind.

3. Projektionsobjektiv, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0,7 f_1 < f_{G2} < 1,1 f_1,$$

wobei  $f_{G2}$  der Betrag der Brennweite der zweiten Linsengruppe  $G_2$  ist.

- 5 4. Projektionsobjektiv, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$1,5 f_1 < f_{G3} < 2,0 f_1,$$

wobei  $f_{G3}$  der Betrag der Brennweite der dritten Linsengruppe  $G_3$  ist.

10

5. Projektionsobjektiv, nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ausgehend von der der Projektionswand (1) zugekehrten Seite die

15

- die erste Linsengruppe ( $G_1$ ) aus einem negativen Meniskus (3), einem positiven Meniskus (4) und einer Negativlinse (5),

20

- die zweite Linsengruppe ( $G_2$ ) aus einem negativen Meniskus (12) oder einer aus einem positiven Meniskus (6) und einem negativen Meniskus (7) bestehenden negativen Baugruppe, einer Positivlinse (8) und einer aus einer Positivlinse (9) und einer Negativlinse (10) bestehenden positiven Baugruppe und

25

- die dritte Linsengruppe ( $G_3$ ) aus mindestens einer Positivlinse (11) besteht.

30

6. Projektionsobjektiv, nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$2,0 < L / f_1 < 3,0,$$

wobei  $L$  die Gesamtlänge des Objektivs ist.



7. Projektionsobjektiv, nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

5  $1,68 < n_{avg} < 1,74,$   
wobei  $n_{avg}$  der durchschnittliche Brechungsindex des Objektivs ist.

8. Projektionsobjektiv, nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

10  $40,0 < v_{avg} < 44,0,$   
wobei  $v_{avg}$  der durchschnittliche Wert der Abbe-Zahl des Objektivs ist.

15

### Zusammenfassung

Projektionsobjektiv mit veränderlicher Brennweite, bevorzugt zur Abbildung von Kippspiegelmatrizen oder  
5 reflektiven, beziehungsweise transmissiven LCD's, umfassend drei Linsengruppen (G1, G1, G3), die auf einer gemeinsamen optischen Achse (2) angeordnet sind, wobei ausgehend von der der Projektionswand (1) zugekehrten Seite die erste Linsengruppe (G1) zum Zwecke der Fokussierung und die  
10 zweite Linsengruppe (G2) zum Zwecke der Brennweitenvariation in ihrer Lage auf der optischen Achse (2) veränderbar und die dritte Linsengruppe (G3) ortsfest angeordnet sind.

Erfindungsgemäß ist folgende Bedingung erfüllt:

$$15 \quad 1,0 \, h_{\max} < d_{G2-G3} < 1,5 \, h_{\max}$$

und

$$s \leq 10 \, \text{mm},$$

wobei  $h_{\max}$  die maximale Objekthöhe,  $d_{G2-G3}$  die Distanz zwischen der Linsengruppe G2 und der Linsengruppe G3 in  
20 einer ersten Stellung und  $s$  die Schnittweite objektseitig sind.

Fig.1

**Bezugszeichenliste**

1	Projektionswand
2	optische Achse
5 3 bis 12	Linse
R	Radius
G1, G2, G3	Linsengruppe
d	Luftabstand, Linsendicke
f	Brennweite

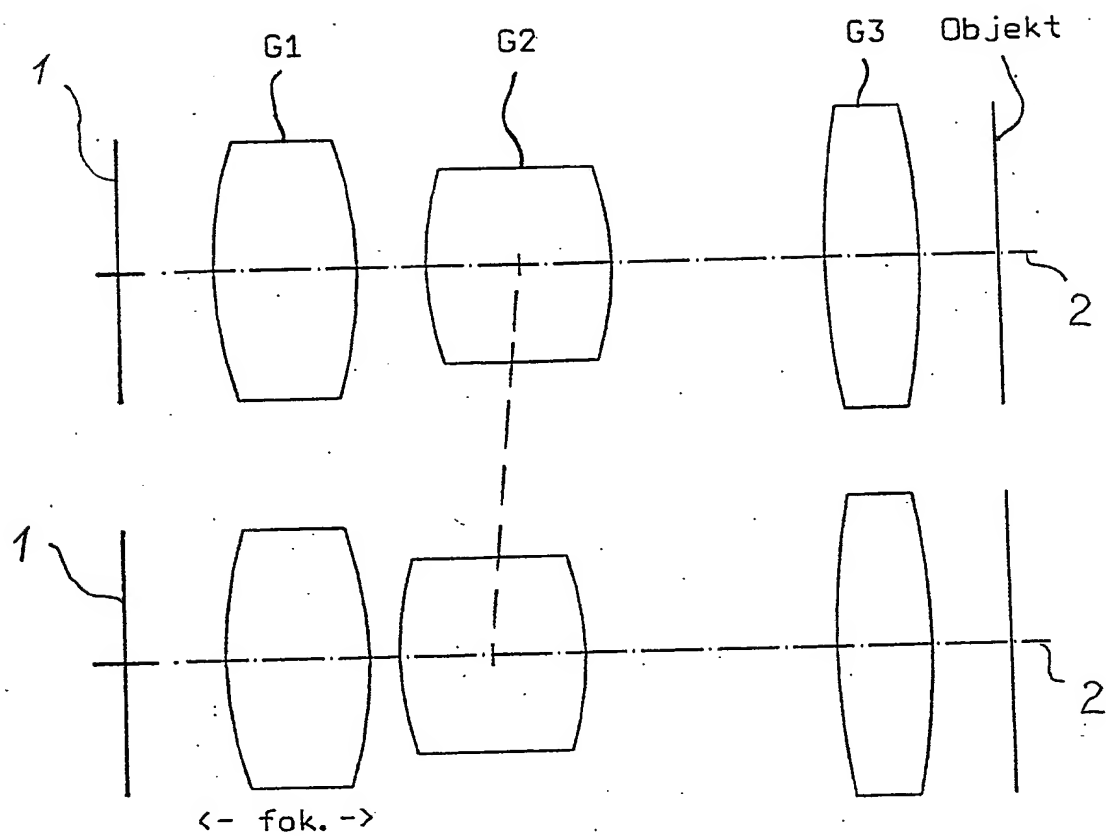


Fig. 1

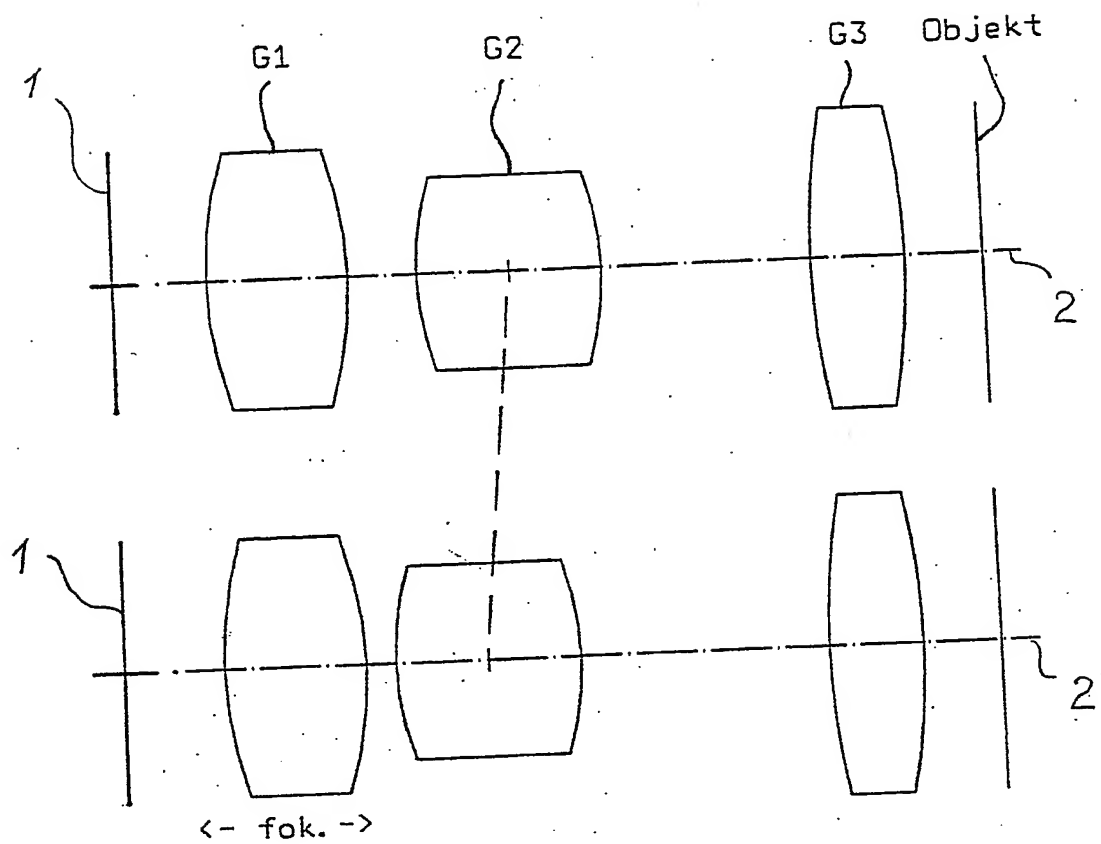


Fig. 1

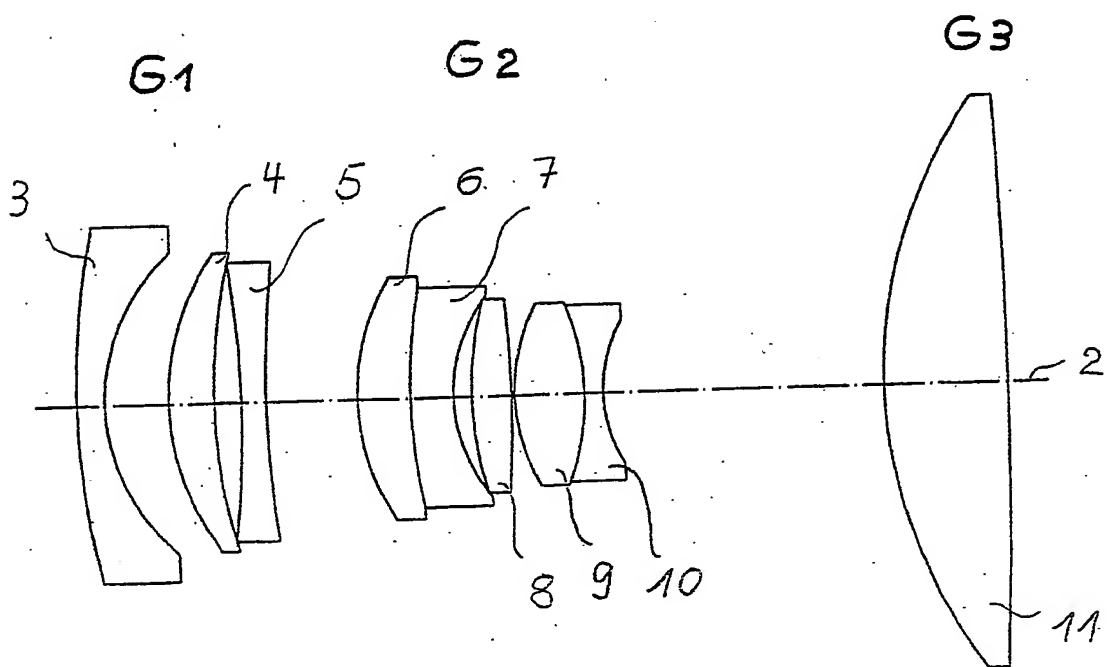


Fig. 2

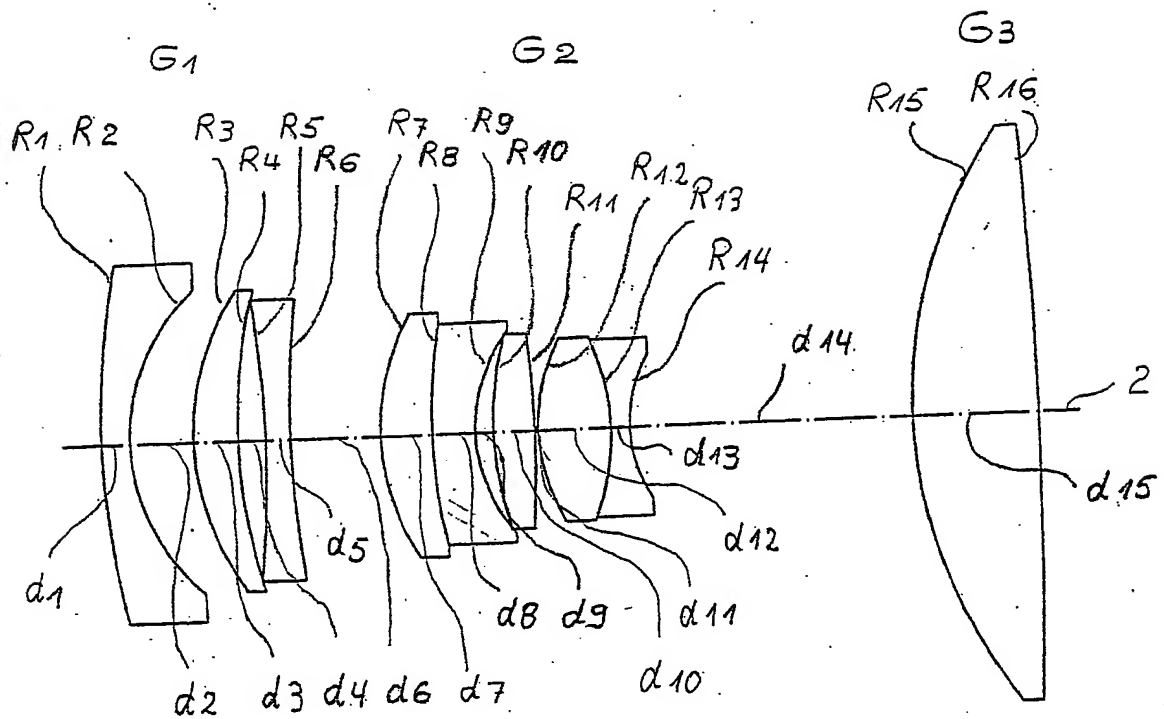


Fig. 3

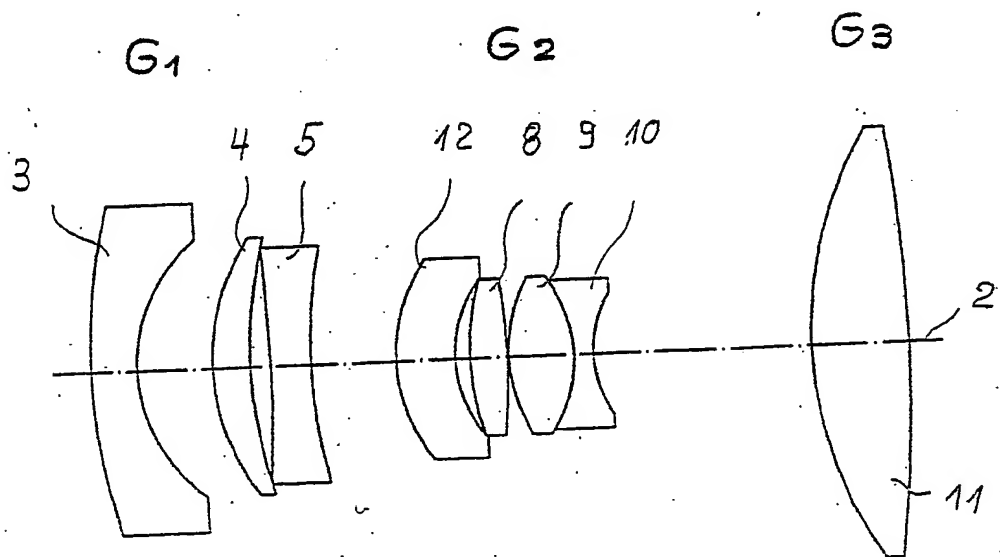


Fig. 4

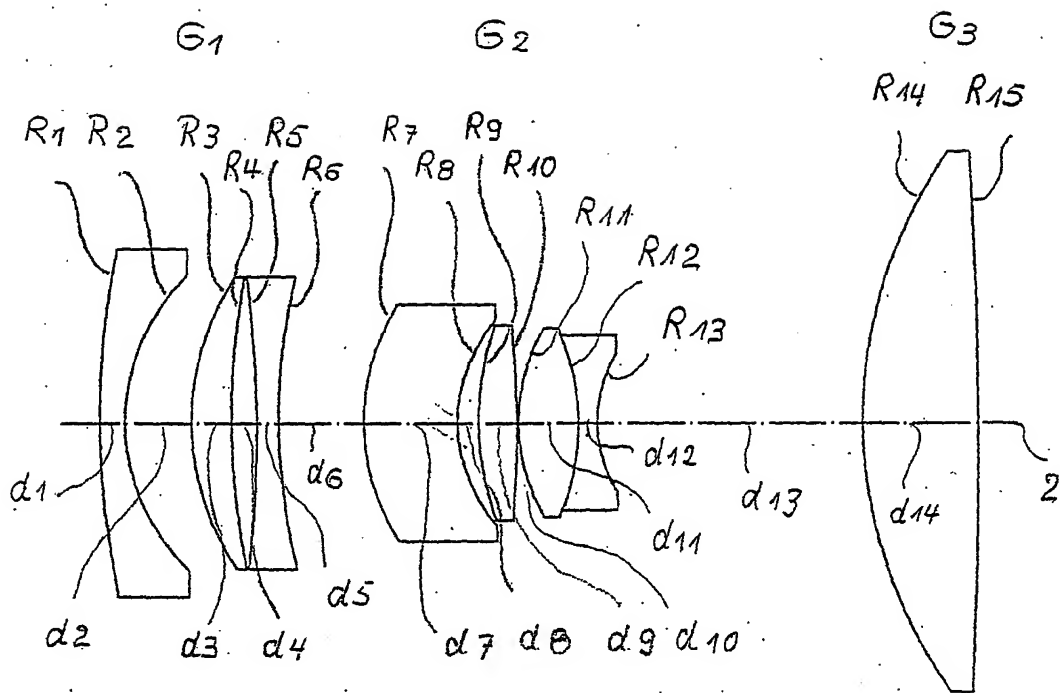
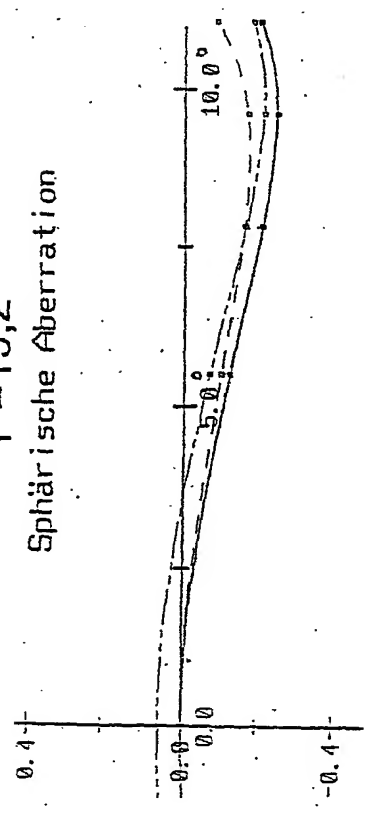


Fig. 5

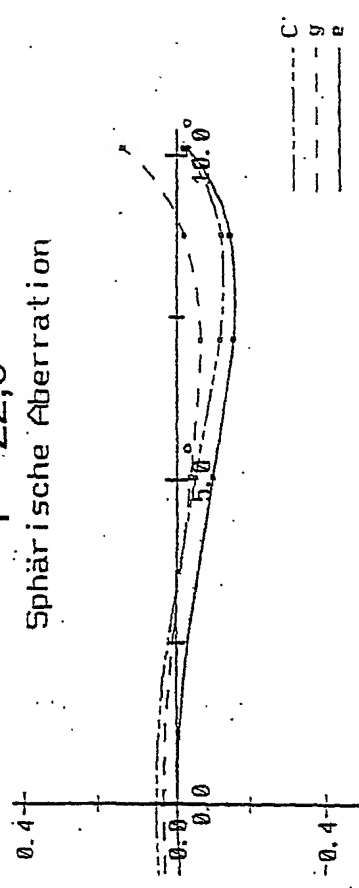
$f' = 19,2$

Sphärische Aberration

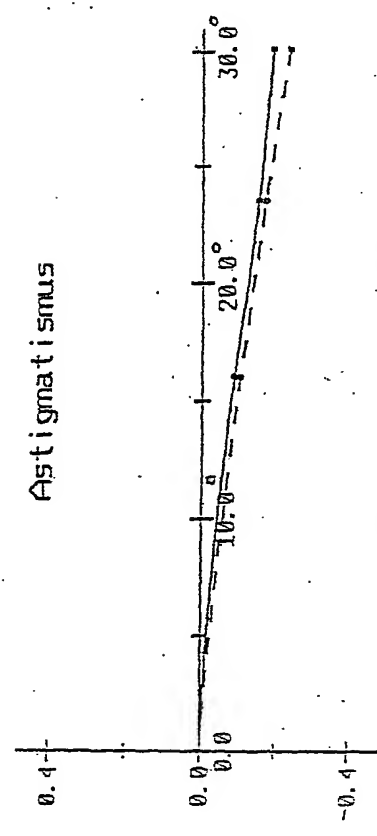


$f' = 22,3$

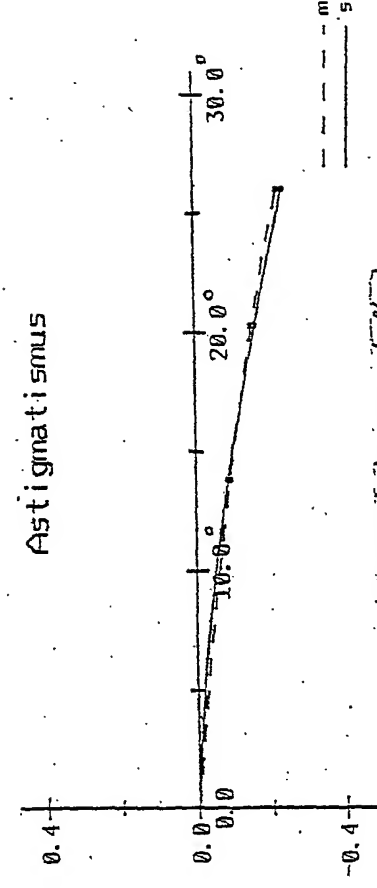
Sphärische Aberration



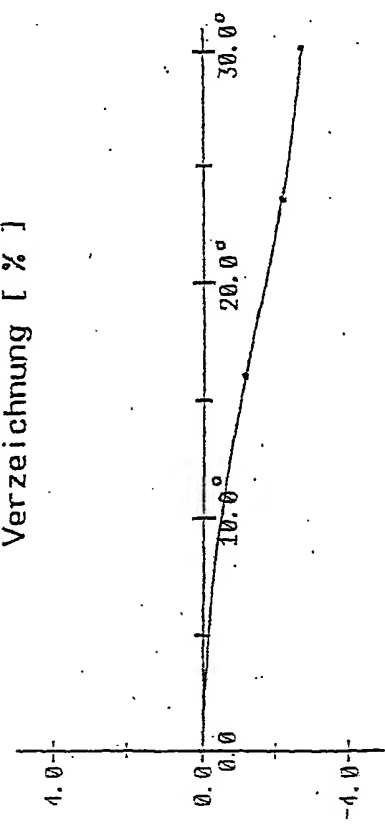
Astigmatismus



Astigmatismus



Verzeichnung [ % ]



Verzeichnung [ % ]

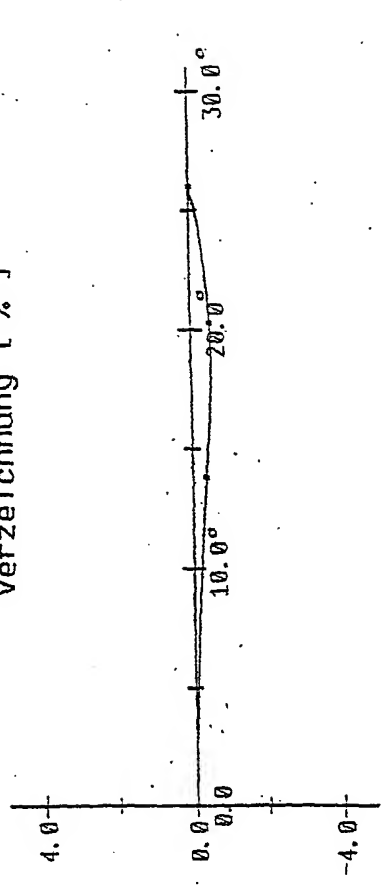
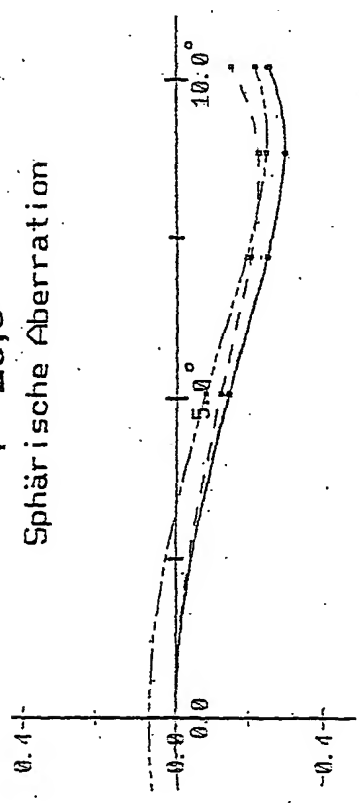


FIG.6



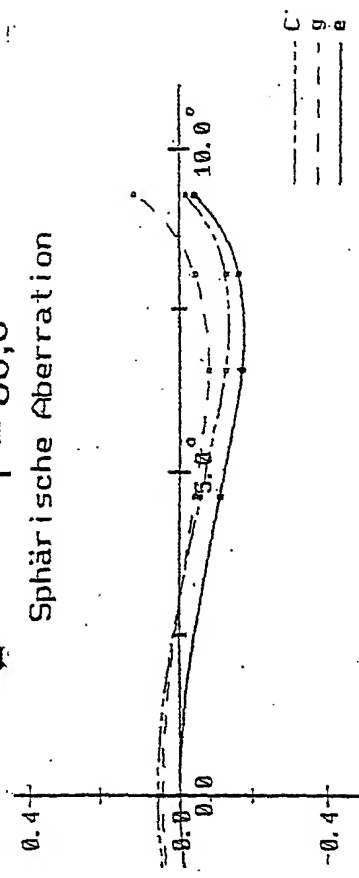
$f' = 25,8$

Sphärische Aberration

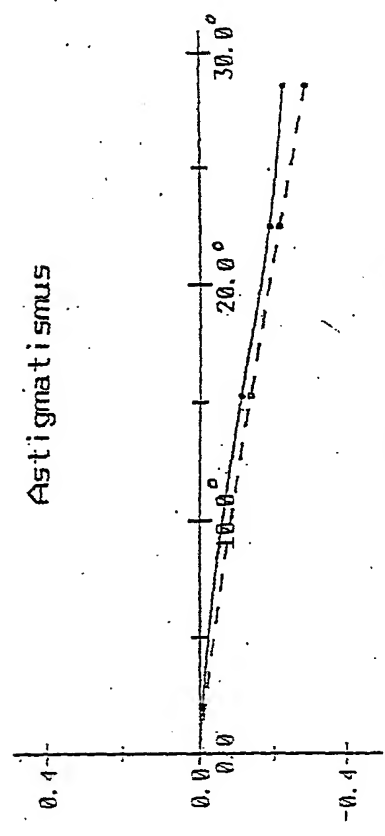


$f' = 30,0$

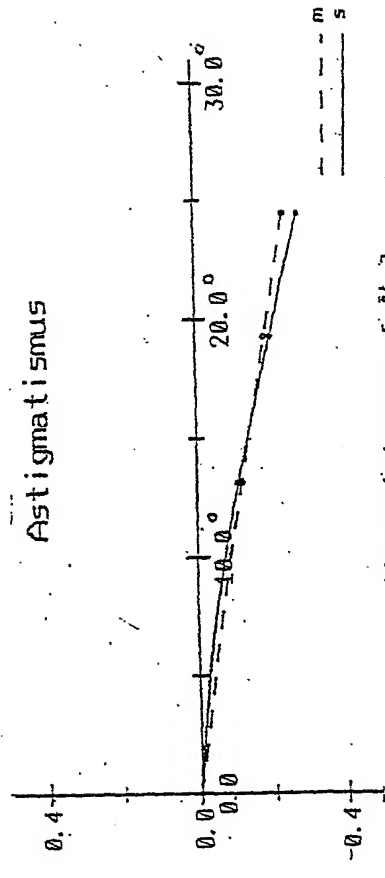
Sphärische Aberration



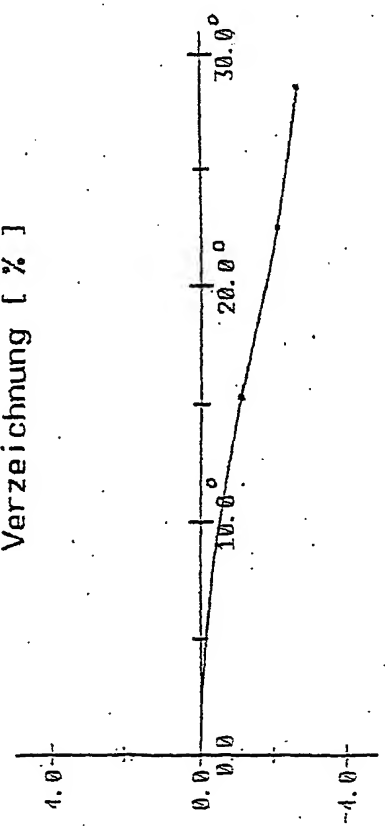
Astigmatismus



Astigmatismus



Verzeichnung [ % ]



Verzeichnung [ % ]

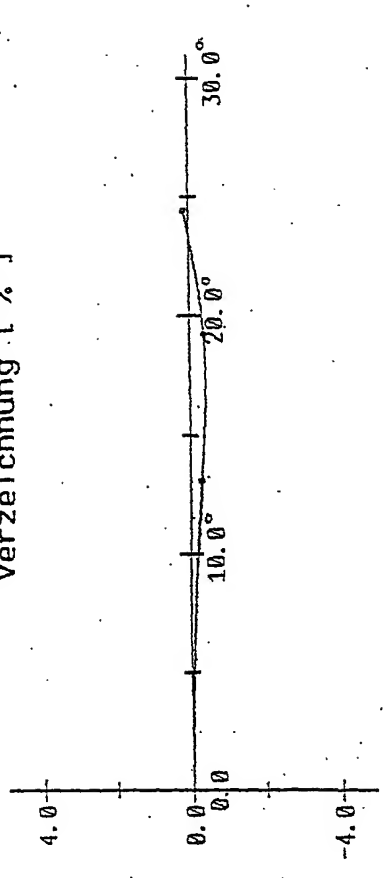
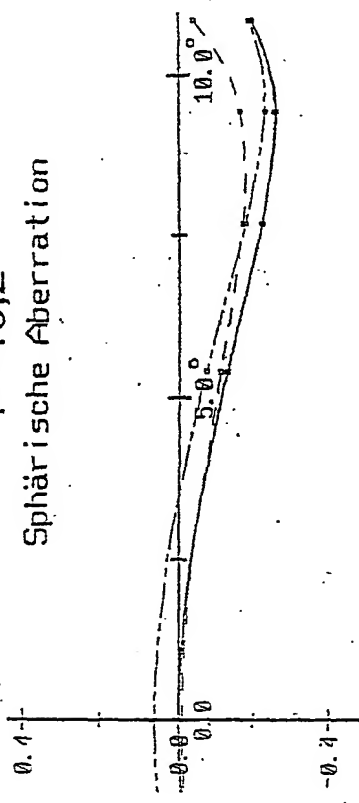


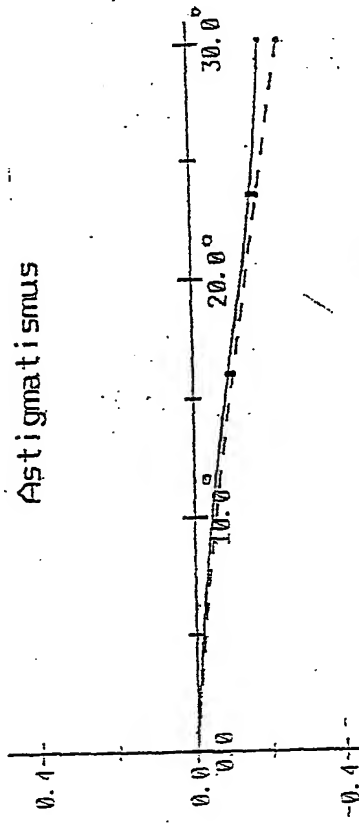
FIG.7

$f' = 19,2$

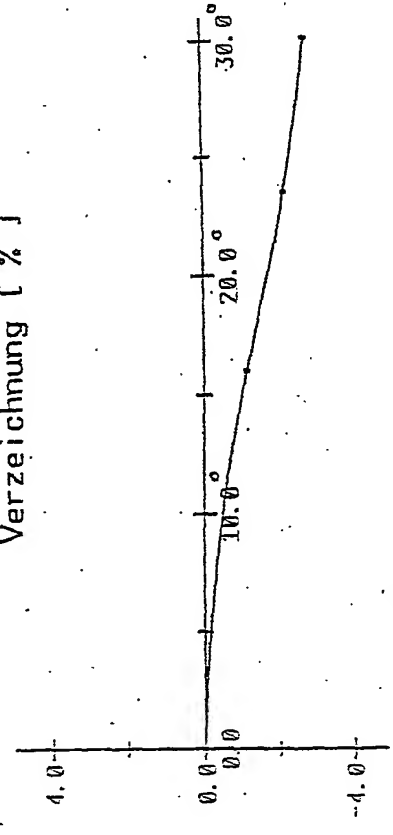
Sphärische Aberration



Astigmatismus

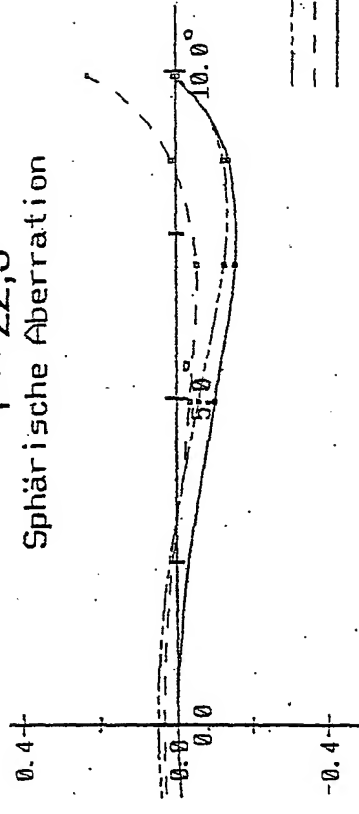


Verzeichnung [ % ]

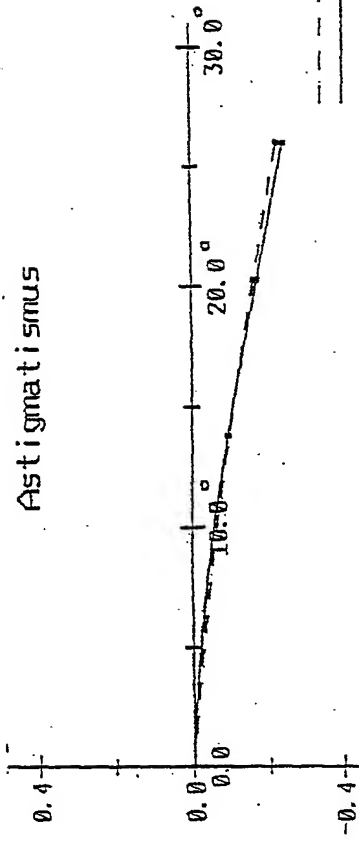


$f' = 22,3$

Sphärische Aberration



Astigmatismus



Verzeichnung [ % ]

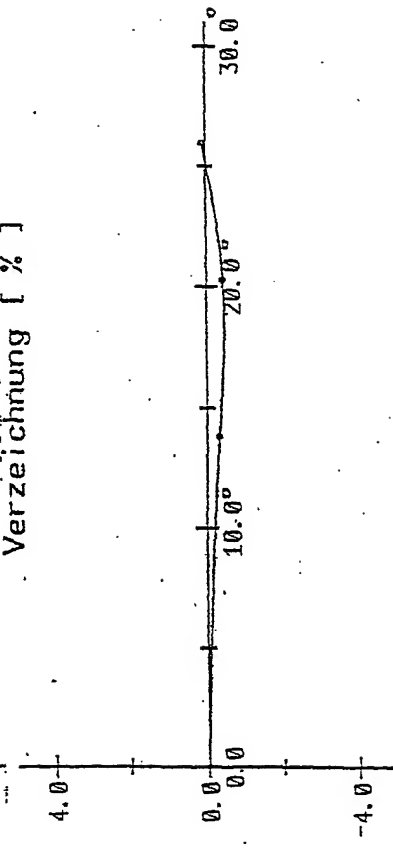
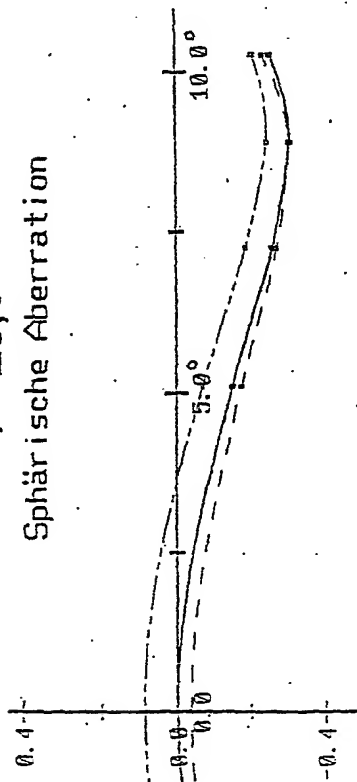


FIG.8

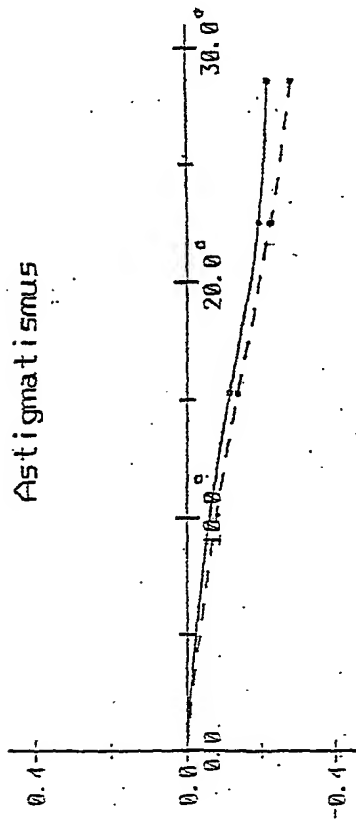
6 von 7

$f' = 25,8$

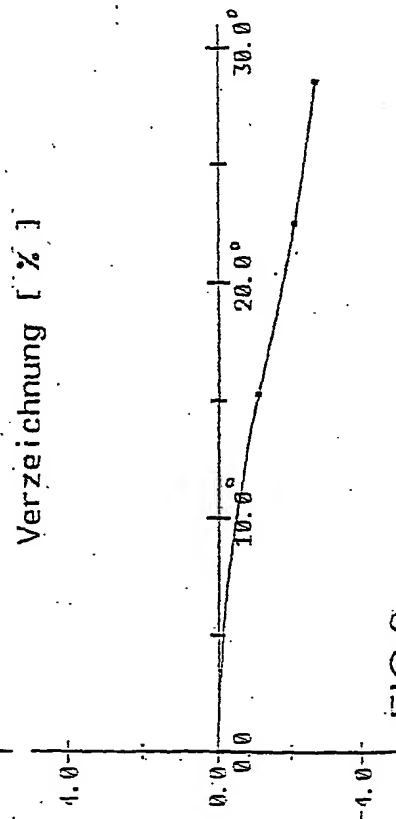
Sphärische Aberration



Astigmatismus

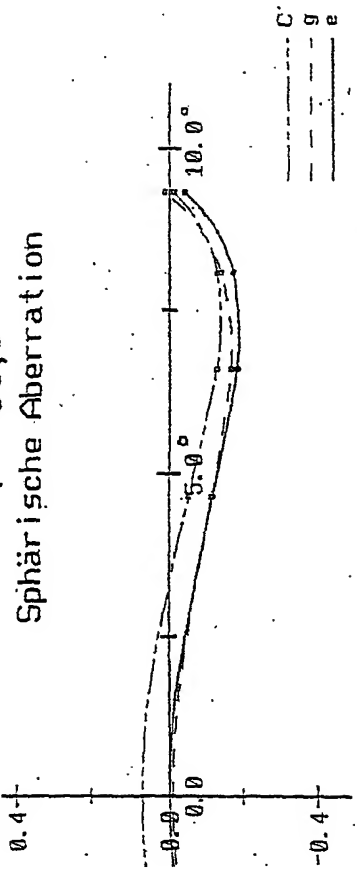


Verzeichnung [ % ]

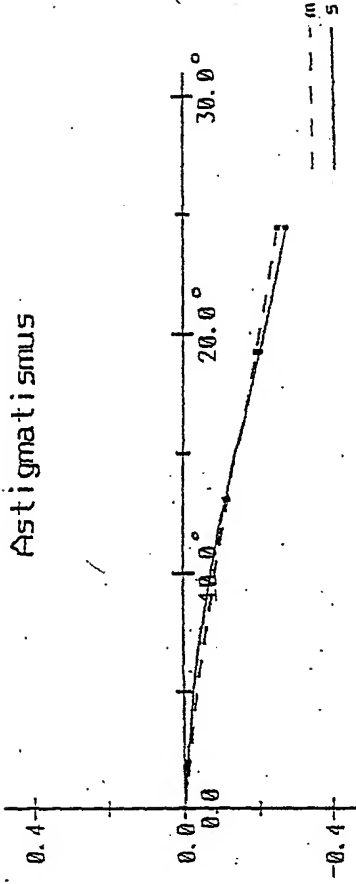


$f' = 30,0$

Sphärische Aberration



Astigmatismus



Verzeichnung [ % ]

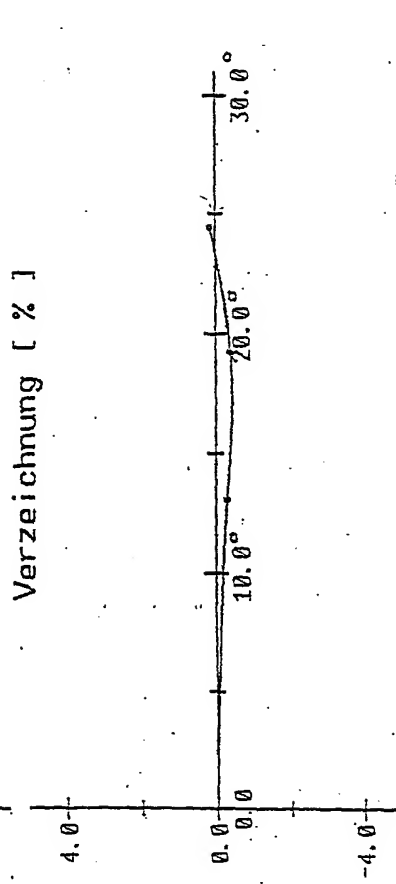


FIG.9

7 von 7